

## CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA MYCOFLORE DU SOL DES ÎLES KERGUELEN

Régine STEIMAN<sup>1</sup>, Yves FRENOT<sup>2</sup>, Lucile SAGE<sup>1</sup>,  
Françoise SEIGLE-MURANDI<sup>1</sup> and Pascale GUIRAUD<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Groupe pour l'Etude du Devenir des Xénobiotiques

dans l'Environnement (GEDEXE) - UFR Pharmacie - BP 138 - 38043 Meylan Cedex - France.

<sup>2</sup> UA 1853 CNRS - Station Biologique de Paimpont - 35380 Paimpont - France.

**RÉSUMÉ** — 93 espèces fongiques ont été isolées à partir d'échantillons de sol provenant de la partie sud de l'île principale de l'archipel des Kerguelen ainsi que de petites îles situées dans le golfe du Morbihan. A l'image des faunes animales et flores terrestres, la flore fongique se révèle assez pauvre. On note cependant la présence d'espèces ubiquitaires telles que *Mucor hiemalis* et quelques *Penicillium*. *Geomyces pannorum*, espèce typiquement trouvée dans les régions froides du globe, a été très fréquemment isolée. Enfin, un *Chaetomium*, une *Mortierella*, une espèce du genre *Verrucobotrys* et un *Zygorrhynchus* ne semblent pas décrits dans la littérature et feront l'objet d'études plus approfondies.

**ABSTRACT** — 93 fungi have been isolated from soil samples from the south of the great Kerguelen island and small islands located in the Golfe du Morbihan. As it was already observed for land animals and plants, the mycoflora is relatively poor. However, ubiquitous strains have been found, among which *Mucor hiemalis* and some *Penicillium*. *Geomyces pannorum*, a typical strain from cold areas, was one of the most commonly isolated strain. One species of *Verrucobotrys*, one *Chaetomium*, one *Mortierella* and one *Zygorrhynchus* are supposed to be original and will be the object of more careful studies.

**MOTS CLÉS** : Kerguelen, mycoflore, micromycètes.

### INTRODUCTION

Géographiquement, l'archipel des Kerguelen se rattache au secteur de l'Océan Indien dans la zone subantarctique de même que les îles Marion et Prince-Edouard, Crozet et Heard (Fig. 1). La Géorgie du Sud et l'île Macquarie appartiennent aussi à cette province biogéographique. Cependant, les îles Kerguelen sont remarquablement isolées au sud de l'Océan Indien. Globalement, si toutes les terres citées présentent des affinités géologiques et/ou climatiques, elles offrent également des contrastes d'ordre biologique en particulier. Sur un plan général, les

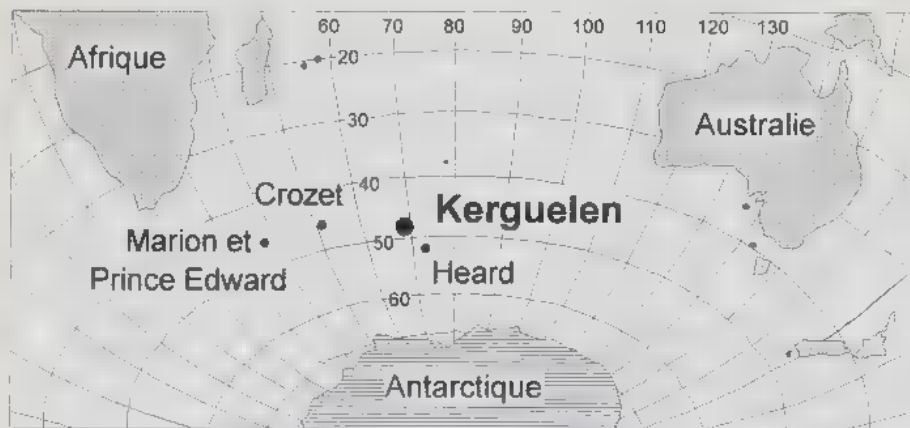


Fig. 1. — Situation des principales îles subantarctiques dans l'Océan Indien

Fig. 1. — Situation of the major subantarctic islands in the Indian Ocean.

écosystèmes terrestres insulaires subantarctiques présentent l'originalité de dépendre étroitement du milieu marin.

L'archipel des Kerguelen est situé par 49° de latitude Sud et 70° de longitude Est et comprend environ 300 îles et îlots dont une île principale de forme triangulaire longue d'environ 200 km et large d'environ 140 à 150 km. La superficie de cette île est de 6000 km<sup>2</sup> tandis que la surface totale de l'archipel est de l'ordre de 7 000 km<sup>2</sup> (Fig. 2).

Comme la plupart des îles subantarctiques, Kerguelen est un archipel océanique, essentiellement volcanique. Les entablements basaltiques représentent plus de 80 % des surfaces émergées, mais des roches plutoniques affleurent sur toute la péninsule Rallier du Baty, au sud-ouest de l'archipel (Giret, 1987). Dans ces conditions, les formations sédimentaires sont très limitées et n'ont qu'un caractère local. Ce sont des roches détritiques d'origine fluvio-lacustre, ou accessoirement des roches apportées par des icebergs. Les roches détritiques sont des grès et conglomérats interstratifiés entre les basaltes ou des galets trachytiques. Citons également les dépôts de cailloutis fins ou grossiers mêlés à des limons et que l'on retrouve à la base de presque toutes les tourbières.

La grande glaciation quaternaire a laissé dans l'archipel de nombreux vestiges : dépôts morainiques, cirques glaciaires, roches moutonnées. Les glaciers, dont la régression s'est amorcée depuis près de 200 ans (fin du Petit Age Glaciaire) et s'est particulièrement accélérée depuis le milieu des années 70 (Frenot *et al.*, 1993), recouvrent maintenant moins d'un millier de kilomètres carrés. Malgré ces modifications récentes du climat, des phénomènes périglaciaires sont toujours observables : sols polygonaux, sols striés, boues glaciaires, terrassettes de solifluxion et champs de pierres éclatées sur les hauts plateaux (fell-field).

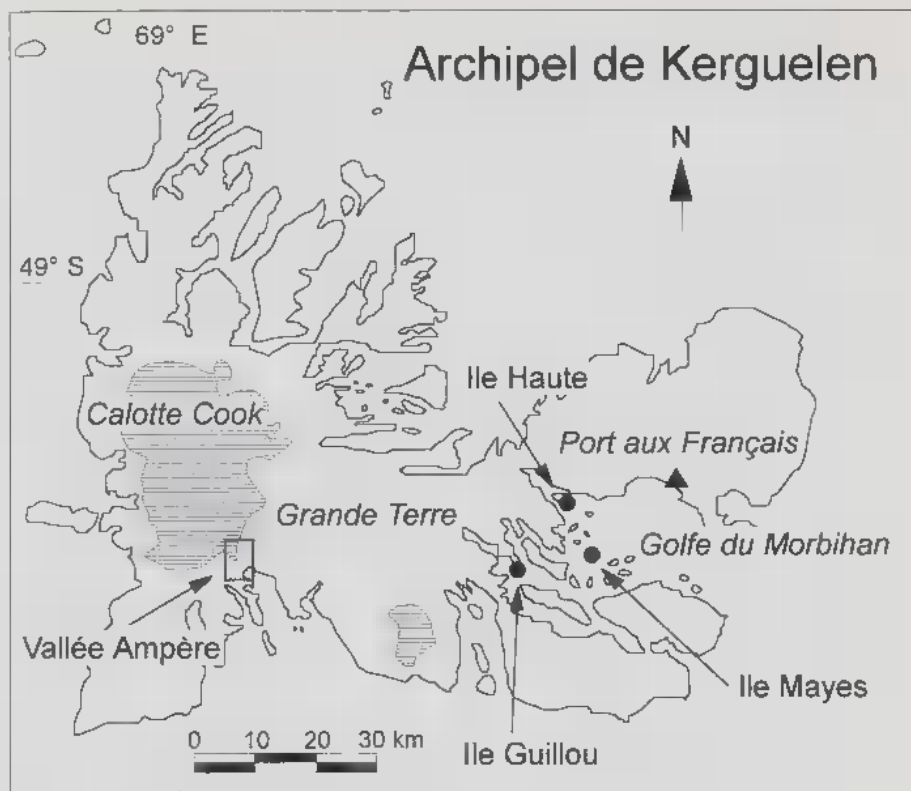


Fig. 2. — Carte de l'archipel de Kerguelen.

Fig. 2. — Map of the Kerguelen Islands.

Situées à la limite de la convergence antarctique et des perturbations du front polaire austral, les Kerguelen présentent tous les contrastes du climat subantarctique. Ce climat est caractérisé par des hivers modérément rigoureux et des étés froids, une température uniforme qui atténue les variations saisonnières, une nébulosité importante, des précipitations (pluie ou neige) abondantes et fréquentes même en été, et surtout par des vents d'Ouest dont la violence est presque continue.

La faune terrestre de l'archipel est d'une grande pauvreté. Les mammifères sont principalement des lapins et des souris introduits malencontreusement par certaines expéditions dès 1874. Les insectes sont relativement nombreux et divers. On note l'absence de poissons dans les lacs, étangs et rivières alors que les microorganismes animaux et végétaux y abondent. Pour les oiseaux une seule espèce terrestre est présente : le canard d'Eaton particulier aux Crozet et aux Kerguelen, par contre de nombreuses espèces d'oiseaux marins : Albatros, Pétrels, Hirondelles de mer, Cormorans, Sternes, Mouettes, Skuas, Chionis, Manchots etc... De même les

mammifères marins sont bien représentés : Baleines, Eléphants de mer, Léopards de mer, Otaries, Orques, Dauphins.

La flore est également relativement pauvre, ce qui peut aisément s'expliquer par la rigueur du climat et la nature du sol. Toutefois un certain nombre d'espèces végétales dont certaines sont typiques de l'archipel (par exemple *Pringlea antiscorbutica* R. Br. appelée le chou des Kerguelen) ont été répertoriées (Chastain, 1958).

Plusieurs missions scientifiques ont eu et ont encore lieu dans ce secteur dans le but d'études géologiques, climatologiques mais aussi biologiques avec le recensement de la faune et de la flore et l'étude de certains écosystèmes particuliers (Trehen & Vernon, 1982). Curieusement, peu de travaux ont porté sur l'inventaire des microorganismes dans les îles subantarctiques françaises, en particulier en ce qui concerne les champignons microscopiques. Les populations microbiennes (bactéries et micromycètes) totales présentes dans des échantillons de sol provenant de l'île Marion ont été estimées par comptage (Steyn & Smith, 1981 ; Smith & Steyn, 1982). La présence d'Ascomycètes et de Basidiomycètes a été rapportée par Pegler *et al.* (1980), qui ont réalisé une courte étude bibliographique sur les travaux portant sur les champignons supérieurs dans la région de la péninsule antarctique, les îles de l'antarctique et la Géorgie du Sud. Ces auteurs ont répertorié tous les champignons trouvés dans cette région. De nouvelles espèces d'Ascomycètes ont été isolées à partir d'échantillons provenant de la terre de Danco dans la péninsule antarctique en 1987 et 1988 (Gamundi & Spinedi, 1987 ; Gamundi & Spinedi, 1988). Concernant les Deutéromycètes, Tubaki (1961) a inventorié des espèces isolées à partir d'échantillons provenant d'expéditions japonaises dans l'antarctique entre 1957 et 1959. Des inventaires de micromycètes ont été réalisés plus récemment sur l'île Signy (îles Orkney) par Pugh et Allsopp (1982), dans les terres de Mac.Robertson et d'Enderby (Fletcher *et al.*, 1985), dans la terre de Victoria (Del Frate & Caretta, 1990).

Nous proposons ici un premier inventaire des micromycètes isolés principalement de sols provenant d'une part de la vallée Ampère sur l'île principale de l'archipel des Kerguelen appelée Grande Terre et d'autre part des îles Guillou, Haute et Mayes situées dans le Golfe du Morbihan (Fig. 2).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les échantillons analysés dans ce travail sont surtout des prélèvements de sol mais aussi de plantes et excréments, effectués dans l'archipel des Kerguelen sur l'île principale (vallée Ampère) et 3 îles du Golfe du Morbihan (île Guillou, île Haute, île Mayes) dans le cadre du programme BIOSOL-IFRTP.

**Prélèvements vallée Ampère (Tableau 1)** — Tous les prélèvements ont été effectués le long d'une chronoséquence de déglaciation (Glacier Ampère) longue d'une dizaine de kilomètres et couvrant les oscillations glaciaires depuis 1800, date de l'extension maximum du glacier au Petit Age Glaciaire. L'effort d'échantillonnage a été porté sur les sandurs, vastes plaines d'épandage fluvio-glaciaires rigoureusement planes,

Tableau 1 — Description des échantillons prélevés dans la vallée Ampère sur l'île principale de l'archipel des Kerguelen (22-29 décembre 1992).

Table 1 — Description of samples from the Ampère valley on the great Island of Kerguelen (december 22-29th 1992).

Echantillon	Description du site
1 & 2	Rive droite du Lac Ampère [20-30]; végétation < 10 % : <i>Sagina procumbens</i> L.S., <i>Poa annua</i> L., <i>Ranunculus biternatus</i> Sm.. Sol ressuyé.
3 & 4	Sandur [30]; végétation < 10 % : <i>Poa annua</i> L., <i>Cerastium glomeratum</i> Thuill., <i>Colobanthus kerguelensis</i> Hook. f., <i>Poa kerguelensis</i> Steud.. Sol ressuyé.
5 & 6	Sandur [75]; végétation < 10 % : <i>Festuca contracta</i> Kirck. Sol ressuyé.
7 & 8	Sandur [115]; végétation < 10 % : <i>Azorella selago</i> Hook. f., <i>Festuca contracta</i> Kirck, <i>Agrostis magellanica</i> Hook. f., <i>Poa kerguelensis</i> Steud., <i>Colobanthus kerguelensis</i> Hook. f.. Sol ressuyé.
9 & 10	Sandur [150]; végétation 10 à 20 % : <i>Agrostis magellanica</i> Hook. f., <i>Azorella selago</i> Hook. f., <i>Poa kerguelensis</i> Steud., <i>Colobanthus kerguelensis</i> Hook. f.. Sol ressuyé.
11 & 12	Sandur [180]; végétation < 10 % : <i>Azorella selago</i> Hook.f., <i>Festuca contracta</i> Kirck, <i>Colobanthus kerguelensis</i> Hook. f.. Sol ressuyé.
13 & 14	Sandur [200] soumis à des crues annuelles de grande ampleur ayant cessé depuis une dizaine d'années. Végétation < 10 % : <i>Azorella selago</i> Hook. f., <i>Festuca contracta</i> Kirck, <i>Agrostis magellanica</i> Hook. f., <i>Colobanthus kerguelensis</i> Hook. f.. Sol ressuyé.
15 & 16	Sandur [200] hors de l'atteinte des crues. Végétation 10 % : <i>Azorella selago</i> Hook. f., <i>Agrostis magellanica</i> Hook. f., <i>Poa kerguelensis</i> Steud., <i>Colobanthus kerguelensis</i> Hook. f.. Sol ressuyé.
17 & 18	Plage Ampère. Zone souillée par les éléphants de mer. Sol organique à tendance tourbeuse. Végétation 100 % : <i>Agrostis magellanica</i> Hook. f., <i>Ranunculus biternatus</i> Sm., <i>Poa annua</i> L., Bryophytes. Nappe affleurante.
19 & 20	Moraine [10], 210 m d'altitude. Végétation < 2 % : <i>Poa kerguelensis</i> Steud.. Sol saturé.
21 & 22	Moraine [2], 220 m d'altitude. Absence de végétation. Sol saturé, thixotrope.
23 & 24	Coiffe superficielle d' <i>Azorella</i> . Même sol que les tubes 15 & 16 mais le prélèvement a été effectué dans la rhizosphère superficielle d' <i>Azorella selago</i> Hook. f.. Sol ressuyé.

[ ] : âge estimé de déglaciation de ces terrains en nombre d'années d'après Frenot *et al.* (1993).

qui font par ailleurs l'objet d'études pédologiques, floristiques et faunistiques. Frenot *et al.* (1995) ont décrit en détail les caractéristiques physiques et chimiques des sols de cette chronoséquence. Leur texture grossière assure un drainage rapide (sol rarement saturé) malgré des précipitations importantes dans ce secteur des Kerguelen (de l'ordre de 2 à 3 m par an). Les températures moyennes ne sont pas connues.

Durant l'été austral 1992 (période du 27/01 au 12/03/92), des sondes ont donné une moyenne de température de 7,5°C à - 5 cm de profondeur dans le sol (maximum 19,0°C, minimum 1,7°C). Ces valeurs sont probablement applicables aux différentes zones de prélèvements, excepté pour les échantillons 19 à 22 provenant de zones plus hautes en altitude et plus près du glacier pour lesquels il faut retrancher à peu près 2°C. Les températures moyennes hivernales sont probablement inférieures de 5°C aux températures estivales, des gels de surface sont donc fréquents en hiver.

La station « Plage Ampère » (échantillons 17 et 18) constitue le terme extrême de la séquence, bien que, dans un milieu totalement différent où l'on note des influences marines avec apports organiques par les éléphants de mer, une végétation fermée et un sol tourbeux.

**Prélèvements île Mayes (Tableau 2)** — Il s'agit d'une île du Golfe du Morbihan indemne de toute introduction d'espèces animales et végétales, avec la végétation « originelle » des Kerguelen : *Pringlea antiscorbutica* R. Br. (le chou de Kerguelen), *Azorella selago* Hook. f. et *Acaena magellanica* (Lam.) Vahl et de très nombreux terriers de pétrels. Les données climatologiques sont sensiblement les mêmes que celles obtenues par la Station de Météo France à Port-aux-Français : Par exemple, pour l'année 1990 : température moyenne sous abri 4,7°C, moyenne minimum mensuelle 2,6°C en juillet, moyenne maximum mensuelle 8,0°C en février ; précipitations 840 mm.

Tableau 2 — Description des échantillons prélevés dans l'île Mayes (5 janvier 1993).

Table 2 — Description of samples from Mayes Island (january 5th 1993).

Echantillon	Description du site
25 & 26	Prairie rase à <i>Poa kerguelensis</i> Steud. et <i>Sagina procumbens</i> . L.S. Sol organo-minéral ressuyé. Présence de skuas.
27 & 28	Sous <i>Pringlea antiscorbutica</i> R. Br., <i>Azorella selago</i> Hook. f. et <i>Acaena magellanica</i> (Lam.) Vahl en proportions équilibrées. Sol organique sec.
29 & 30	Zone littorale à <i>Cotula plumosa</i> Hook.. Prélèvement effectué en bordure d'un ancien terrier de Pétrel. Sol sableux avec mat racinaire important, légèrement humide.
31 & 34	Fell-field. Sol minéral limoneux légèrement humide.
32 & 33	Sous Bryophytes et <i>Festuca contracta</i> Kirck. Sol organo-minéral ressuyé. Prélèvement dans la zone racinaire de la Fêtuque.
35 & 36	Pente forte (40°). Sous <i>Pringlea antiscorbutica</i> R. Br.. Sol organique sec.
37 & 38	Sous <i>Acaena magellanica</i> (Lam.) Vahl. Sol organique ressuyé.
39 & 40	Terrain plat à <i>Festuca contracta</i> Kirck, <i>Acaena magellanica</i> (Lam.) Vahl et Bryophytes. Sol organo-minéral sec.

**Prélèvements île Haute (Tableau 3)** — Il s'agit d'une île du Golfe du Morbihan perturbée par la présence du mouflon. Nous avons effectué des prélèvements sur cette île notamment en raison de la présence de macro-champignons (Psalliote, Pézize etc...). Les conditions climatiques sont identiques à celles de l'île précédente.

Tableau 3 — Description des échantillons prélevés dans l'île Haute (5 janvier 1993).

Table 3 — Description of samples from Haute Island (January 5th 1993).

Echantillon	Description du site
41 & 42	Crottes de mouflons sur le même site que les échantillons 53 & 54.
45 & 46	Zone érodée mettant de larges plages de sol à nu, sans végétation, entre gros coussins d' <i>Azorella selago</i> Hook. f. Sol limoneux saturé.
47 & 48	Fell-field en bas de pente à terrassettes de solifluxion. Pavement désertique en surface. Sol minéral limono-sableux ressuyé.
49 & 50	Coussin d' <i>Azorella selago</i> Hook. f. éventré par les mouflons. Litière accumulée à l'intérieur des coussins (matière organique), légèrement humide.
51 & 52	Tourbière saturée à Bryophytes et <i>Juncus scheuchzerioides</i> Gaudichaud. Légère pente 2 % mais très mauvais drainage.
53 & 54	Pelouse de <i>Poa annua</i> L., <i>Cerastium glomeratum</i> Thuill., <i>Taraxacum</i> sp et coussins d' <i>Azorella selago</i> Hook. f. Sol organique saturé à ressuyé. Replat de terrasse avec crottes de mouflons abondantes. Prélèvement effectué en bordure d'un coussin d' <i>Azorella</i> , à proximité d'une Psalliote.

**Prélèvements île Guillou (Tableau 4)** — Cette île du Golfe du Morbihan est perturbée par la présence du lapin. Les prélèvements ont été effectués de manière à rendre compte de la diversité des systèmes écologiques rencontrés sur cette île. Les conditions climatiques sont identiques à celles des précédentes îles.

Tableau 4 — Description des échantillons prélevés dans l'île Guillou (5 janvier 1993).

Table 4 — Description of samples from Guillou Island (January 5th 1993).

Echantillon	Description du site
55 & 56	Sol organo-minéral saturé. Végétation 100 % à <i>Acaena magellanica</i> (Lam.) Vahl. Terrain plat mal drainé.
57 & 58	Fell-field d'altitude (140 m). Sol minéral sablo-limoneux strié (nombreux cycles de gel-dégel). Végétation absente. Sol légèrement humide.
59 & 60	Bas de pente à sol sableux riche en matière organique. Végétation 100 % <i>Acaena magellanica</i> (Lam.) Vahl vigoureux. Terrassette à proximité de terriers de lapins. Sol saturé.
61 & 62	Tourbière littorale. Végétation 75 % <i>Acaena magellanica</i> (Lam.) Vahl et Bryophytes. Sol organique tourbeux avec nappe à 10 cm de profondeur.

Les échantillons de sol sont prélevés à une profondeur de 10 cm et placés dans des tubes stériles. Les prélèvements sont conservés à +4°C jusqu'à leur analyse. L'isolement des micromycètes est réalisé par la méthode des « soil plates » proposée par Warcup (Parkinson & Waid, 1960) : des aliquotes de l'échantillon de sol sont placées dans quatre boîtes de Petri (90 mm de diamètre) et recouvertes de milieu à base d'extrait de malt (1,5 %)-agar (1,5 %)-chloramphénicol (0,05 %) stérile et tiède. Pour chaque échantillon, l'opération est réalisée trois fois. Après solidification, les boîtes sont incubées à 22°C et les souches sont isolées au fur et à mesure de leur apparition.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 5 donne la liste des différentes espèces isolées et précise les échantillons dans lesquels elles ont été identifiées.

Les isollements ont été réalisés à 22°C afin d'obtenir et d'identifier rapidement le maximum de souches. L'inventaire réalisé rend compte des souches présentes dans les échantillons sans préjuger de l'état sous lequel elles s'y trouvent (spores et/ou mycélium). Aucun échantillon ne s'est révélé stérile même ceux provenant de zones dépourvues de végétation et ne contenant que peu de matières organiques (21/22 ; 31/34 ; 47/48 ; 57/58) pour lesquels on note tout au plus un nombre d'espèces un peu plus réduit. Il est possible que des spores soient transportées dans ces zones par le vent ou les animaux et s'y trouvent en survie dans un état inactif. Ceci a déjà été noté par Fletcher *et al.* (1985). L'état des souches de micromycètes dépend aussi de la période de l'année, les températures pouvant varier largement, et du type de micro-écosystème dans lesquels elles se trouvent : sol, excréments, végétaux... Une étude des champignons microscopiques vivant sur les végétaux de la Géorgie du Sud a été faite pendant l'été Antarctique 1979-1980 (Hurst & Pugh, 1981). Aucune espèce psychrophile n'a été isolée. La température optimale moyenne de croissance des espèces isolées se situait entre 15 et 20°C. Les auteurs en ont conclu que la mycoflore de ces régions se développe en été, réalisant en un temps très court la majorité des processus de décomposition et qu'elle est à l'état de vie ralentie le reste de l'année. Plus généralement, il ressort de la plupart des études réalisées y compris la notre, qu'il n'y a pas de mycoflore spécifique de la zone Antarctique, peu d'espèces psychrophiles sont trouvées mais plutôt des mésophiles tolérants, survivant et parfois se développant à de basses températures. Souvent la mycoflore est peu diversifiée avec beaucoup de mycélium stériles, peu d'espèces parfaites et de levures, elle est généralement constituée d'une majorité d'Hyphomycètes.

En ce qui concerne notre étude sur les Kerguelen, comparativement à de nombreux autres inventaires réalisés au laboratoire, la flore répertoriée se révèle effectivement assez pauvre par rapport au nombre d'échantillons analysés. Ceci est peu surprenant, compte tenu des observations antérieures concernant la pauvreté de l'archipel des Kerguelen en espèces végétales et animales terrestres, tout ceci étant à



Tableau 5 — Liste des micromycètes isolés dans l'archipel des Kerguelen.

Table 5 — List of the fungi from Kerguelen Islands.

Micromycètes	Echantillons
ASCOMYCETES	
<i>Chaetomium globosum</i> Kunze : Fr.	18
<i>Chaetomium</i> sp.	4
<i>Pseudeurotium zonatum</i> van Beyma	51 ; 52 ; 54 ; 61
<i>Sordaria fimicola</i> (Roberge) Ces. & De Not.	6 ; 24
<i>Sporormiella minima</i> (Auersw.) S. Ahmed & Cain	42
<i>S. australis</i> (Speg.) S. Ahmed & Cain	7 ; 13 ; 24
<i>S. bipartis</i> (Cain) S. Ahmed & Cain	6
<i>S. intermedia</i> (Auersw.) S. Ahmed & Cain	6 ; 14
<i>S. isomera</i> S. Ahmed & Cain	5 ; 19
<i>S. minima</i> (Auersw.) S. Ahmed & Cain	3 ; 5 ; 7 ; 8 ; 13
<i>Talaromyces trachyspermus</i> (Shear) Stolk & Samson	16
<i>Trichophaea abundans</i> (P. Karst.) Boud.	1 ; 5
BASIDIOMYCETES	
Basidiomycètes spp.	10 ; 17 ; 18 ; 24
<i>Corticium alutaceum</i> (Schrader) Bresadola	30
DEUTEROMYCETES	
HYPHOMYCETALES	
<i>Acremonium berkeleyanum</i> (Karsten) W. Gams	37
<i>Acremonium breve</i> (Sukapure & Thirum.) W. Gams	29
Agonomycètes spp.	14 ; 32
<i>Arthrinium phaeospermum</i> (Corda) M.B. Ellis	3 ; 10 ; 23 ; 32 ; 39
<i>A. arundinis</i> (Corda) Dyko & B. Sutton	22
<i>Aspergillus giganteus</i> Wehmer	30
<i>A. fumigatus</i> Fres.	37
<i>Botryotrichum piluliferum</i> Sacc. & March.	30
<i>Botrytis cinerea</i> Pers. : Fr.	9 ; 11
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fres.) de Vries	8 ; 9 ; 14
<i>Epicoccum nigrum</i> Link	24
<i>Geomyces pannorum</i> (Link) Sigler & Carmichael	4 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 13 ; 14 ; 15 ; 20 ; 21 ; 22 ; 23 ; 26 ; 29 ; 32 ; 34 ; 39 ; 40 ; 42 ; 46 ; 47 ; 49 ; 57 ; 58 ; 59 ; 60
<i>Geotrichum candidum</i> Link	13
<i>Lecytophora hoffmannii</i> (Nannfeldt) W. Gams & Mc Ginnis	8 ; 11 ; 17 ; 23
<i>Nigrospora sphaerica</i> (Sacc.) Mason	3

Micromycètes	Echantillons
<i>Papulaspora rubida</i> Hoston	27; 29
<i>Paecilomyces farinosus</i> (Holm : Fr.) A.H. Brown & G. Smith	10; 11; 12; 21; 22
<i>Penicillium aurantiogriseum</i> Dierckx	21; 34; 35; 36; 37
<i>P. brevicompactum</i> Dierckx	37; 42
<i>P. canescens</i> Sopp	31; 46; 49; 50
<i>P. chrysogenum</i> Thom	22; 58
<i>P. citrinum</i> Thom	14
<i>P. corylophilum</i> Dierckx	39; 50
<i>P. crustosum</i> Thom	13; 17; 22; 41; 50; 58; 61; 62
<i>P. expansum</i> Link	20
<i>P. glabrum</i> (Wehmer) Westling	3; 5; 6; 7; 9; 21
<i>P. granulatum</i> Bain.	2; 4; 25; 27; 28; 29; 30; 35; 37; 40; 58
<i>P. griseofulvum</i> Dierckx	10; 45
<i>P. herquei</i> Bain. & Sartori	29
<i>P. janczewskii</i> Zaleski	36
<i>P. lividum</i> Westling	37; 57
<i>P. melinii</i> Thom	32; 42; 57
<i>P. miczynskii</i> Zaleski	26; 28
<i>P. minioluteum</i> Dierckx	42
<i>P. paxilli</i> Bain.	13
<i>P. purpurescens</i> (Sopp) Raper & Thom	13
<i>P. sclerotiorum</i> van Beyma	3; 14; 53; 56
<i>P. simplicissimum</i> (Oudem.) Thom	26; 45; 46
<i>P. spinulosum</i> Thom	14; 57
<i>P. viridicatum</i> Westling	1; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 12; 17; 19; 21; 23; 34; 47; 49; 52; 55; 56
<i>P. waksmanii</i> Zaleski	19; 26; 32; 40; 62
<i>Scytalidium lignicola</i> Pesante	49
<i>Spegazzinia lobulata</i> Thrower	5
<i>Tolypocladium geodes</i> W. Gams	7
<i>Trichocladium opacum</i> (Corda) S. Hughes	5; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 24; 26; 34; 40; 49; 50
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	17; 38
<i>T. polysporum</i> (Link : Fr.) Rifai	1
<i>T. saturnisporum</i> Hammill	25
<i>T. viride</i> Pers. : Fr.	37; 38; 46
<i>Ulocladium chartarum</i> (Preuss) E. Simmons	29
<i>U. consortiale</i> (Thm.) E. Simmons	22; 25; 26; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 39; 40; 46
<i>Verrucobotrys</i> sp.	14; 45; 55; 56; 57; 59; 60; 61
<i>Verticillium bulbillosum</i> W.Gams & Malla	5; 13; 15; 16; 23
<i>V. lecanii</i> (Zimm.) Viégas	5
SPHAEROPSIDALES	
<i>Phoma eupyrena</i> Sacc.	8; 50; 53
<i>P. fimeti</i> Brunaud	3; 15
<i>P. pomorum</i> Thm.	8
<i>P. putaminum</i> Speg.	49
<i>Truncatella angustata</i> (Pers. : Fr.) S. Hughes	36; 37; 49; 55; 57; 58; 59; 60; 61; 62

Micromycètes	Echantillons
<b>STILBELLALES</b>	
<i>Doratomyces nanus</i> (Ehrenb.) Morton & G. Smith	41
<b>TUBERCULARIALES</b>	
<i>Cylindrocarpon didymum</i> (Hartig) Wollenw.	15 ; 16 ; 23 ; 24 ; 25 ; 28
<i>C. lucidum</i> C. Booth	50
<i>C. obtusisporum</i> (Cooke & Harkn.) Wollenw.	15
<i>Fusarium heterosporum</i> Nees : Fr.	41
<i>F. lateritium</i> Nees : Fr.	25 ; 32 ; 36 ; 53 ; 55
<i>F. merismoides</i> Corda	2 ; 37 ; 40
<i>F. oxysporum</i> Schlecht. : Fr.	24 ; 25 ; 40
<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.	16
<i>F. trichothecioides</i> Wollenw.	31 ; 32 ; 33 ; 34 ; 36
<b>ZYGOMYCETES</b>	
<i>Cunninghamella bainieri</i> Naumov	7
<i>C. elegans</i> Lendner	7
<i>Mortierella hyalina</i> (Harz) W. Gams	40 ; 46
<i>M. ramanniana</i> (Möller) Linnemann	9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 13 ; 14 ; 23 ; 39
<i>Mortierella</i> sp.	27
<i>Mucor genevensis</i> Lendner	41 ; 45 ; 47 ; 48 ; 53
<i>M. hiemalis</i> Wehmer	1 ; 2 ; 4 ; 5 ; 12 ; 17 ; 18 ; 25 ; 27 ; 29 ; 30 ; 31 ; 33 ; 34 ; 35 ; 36 ; 37 ; 39 ; 41 ; 45 ; 46 ; 47 ; 48 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 56 ; 57 ; 59 ; 60
<i>M. mucedo</i> L. : Fr.	27
<i>M. odoratus</i> Treschow	33 ; 34
<i>M. racemosus</i> Fres.	18 ; 33
<i>Piptocephalis lepidula</i> (Marchal) R.K. Benjamin	51
<i>Zygorrhynchus moelleri</i> Vuill.	17
<i>Zygorrhynchus</i> sp.	48

relier à la nature du terrain et à la rudesse du climat. Cependant, cet inventaire fait état d'une diversification importante avec assez peu d'Agonomycètes par rapport aux travaux publiés concernant d'autres zones de la région antarctique (Hurst & Pugh, 1982 ; Fletcher *et al.*, 1985 ; Del Frate & Caretta, 1990). Environ 95 espèces (compte-tenu des espèces non identifiées) ont été isolées des 59 échantillons étudiés. Ces micromycètes représentent la plupart des grands groupes taxonomiques avec une majorité d'Hyphomycétales (Tableau 5). Fletcher *et al.* (1985) ont analysé 40 échantillons venant des terres de Mac Robertson et d'Enderby, ils n'ont isolé que 13 espèces et des mycélium stériles avec une prédominance du genre *Penicillium*. Del Frate & Caretta (1990) ont étudié 126 échantillons de sol et excréments recueillis autour de

la base italienne de la terre Victoria. Ces auteurs n'ont identifié que 15 espèces différentes de micromycètes parmi lesquelles aucun représentant des genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Trichoderma*.

Les espèces parfaites sont peu représentées, il s'agit surtout du genre *Sporormiella* que l'on trouve uniquement sur l'île principale dans différents prélèvements (5/6 et 7/8) et qui signalent une fréquentation animale. Là encore, ceci peut s'expliquer par le climat car il a été établi que, sur un plan général pour les champignons, la croissance végétative et la production de conidies peuvent avoir lieu à basse température tandis que la formation de périthèces par exemple se fait à des températures plus élevées (Onions *et al.*, 1981). De plus, compte tenu de la pauvreté de la faune, la présence d'excréments est relativement limitée et contribue aussi à la rareté des espèces parfaites. Les genres *Sporormiella* et *Chaetomium* ne figurent pas dans la littérature concernant l'Antarctique. En fait, ce sont les Deutéromycètes qui sont majoritaires. Certains ont été retrouvés dans de nombreux prélèvements, en particulier : *Geomyces pannorum*, *Mucor hiemalis*, *Trichocladium opacum*, *Truncatella angustata*, *Ulocladium consortiale*. Les 3 dernières espèces n'ont pas été décrites précédemment dans la zone subantarctique. *Geomyces pannorum* est l'une des espèces les plus fréquemment isolées. Ceci a déjà été observé par Tubaki & Asano (1965) et Pugh & Allsopp (1982) dans la zone antarctique, tandis que d'autres auteurs ont aussi signalé cette espèce dans des régions du pôle nord telles que l'arctique canadien (Ivarson, 1973) et l'Alaska (Dowding & Widden, 1974), ou encore le Spitzberg (Kobayasi *et al.*, 1968) et des régions de haute altitude (Gochenaur, 1970 ; Piontelli & Caretta, 1974 ; Rall, 1965). Par contre, il n'a jamais été signalé dans des zones tropicales ou subtropicales (Domsch *et al.*, 1980). En résumé, ce champignon est particulièrement adapté aux régions froides du globe, et il a été montré qu'il pousse bien à basse température et résiste bien à la congélation (Carmichael, 1962). *Mucor hiemalis* a été aussi très souvent retrouvé, il est décrit dans la littérature comme l'un des champignons du sol les plus fréquents et le plus représentatif des Mucorales que l'on trouve aussi bien dans les régions arctiques, antarctiques et les sols alpins que sous les tropiques (Domsch *et al.*, 1980). *Trichocladium opacum* est décrit comme une espèce ubiquitaire mais peu fréquente déjà isolée entre autre dans l'Arctic et en particulier en Alaska (Domsch *et al.*, 1980). *Truncatella angustata* a une large distribution, on l'a répertorié en Alaska (Kobayasi *et al.*, 1967) et dans des sédiments glaciaires (Horak, 1960). *Ulocladium consortiale* était plutôt décrit jusqu'à présent dans des régions tempérées ou tropicales (Domsch *et al.*, 1980).

Globalement très peu d'*Aspergillus* ont été isolés (*A. giganteus* et *A. fumigatus* dans l'île Maye). Il est connu que ce genre est peu adapté aux pays froids et que, au contraire, les *Aspergillus* abondent dans les échantillons provenant de pays tropicaux ou subtropicaux. Les *Penicillium* sont plus nombreux et certains ont été retrouvés assez fréquemment dans plusieurs îles, par exemple : *P. crustosum*, *P. granulatum*, *P. viridicatum*.

Outre *Ulocladium consortiale*, des espèces habituellement trouvées dans des régions tempérées, subtropicales ou tropicales ont été isolées : il s'agit d'espèces appartenant aux genres *Fusarium*, *Cunninghamella* et *Cylindrocarpon*, et de *Nigrospora oryzae*, *Paecilomyces farinosus*, *Sordaria fimicola*, *Talaromyces trachysper-musa*.

Des espèces généralement peu courantes quelque soit la latitude ont été identifiées, par exemple : *Acremonium breve*, *Cylindrocarpon didymum*, *Mucor odoratus*, *M. mucedo*, *Penicillium corylophilum*, *P. granulatum*, *P. herquei*, *P. lividum*, *P. melinii*, *P. sclerotiorum*, *Phoma fimeti*, *Spegazzinia lobulata*, *Trichoderma polysporum*, *T. saturnisporum*.

Parmi les micromycètes isolés, beaucoup de genres et d'espèces sont trouvés pour la première fois dans les régions Antarctiques, d'autres ont déjà été signalés par exemple : *Botrytis cinerea*, *Cladosporium cladosporioides*, *Doratomyces nanus*, *Fusarium lateritium*, le genre *Mucor*, le genre *Paecilomyces*, *Penicillium brevicompactum*, *P. spinulosum*, le genre *Phoma*, le genre *Trichoderma*, le genre *Verticillium* (Hurst & Pugh, 1982 ; Fletcher *et al.*, 1985 ; Del Frate & Caretta, 1990). Quelques espèces qui semblent fréquentes en Antarctique n'ont pas été retrouvées ici : *Cladosporium herbarum*, *Phoma herbarum*, *Thelebolus microsporus* par exemple.

Certaines espèces n'ont été retrouvées que dans l'une des îles, par exemple celles du genre *Sporormiella*, *Nigrospora sphaerica*, *Paecilomyces farinosus* dans l'île principale, *Aspergillus giganteus*, *A. fumigatus*, *Acremonium berkeleyanum*, *A. breve*, *Mucor odoratus* et deux souches de *Papulaspora* à décrire dans l'île Maye qui est la plus « indemne » des quatre. On peut encore citer *Penicillium sclerotiorum* dans l'île Guillou, cette dernière étant d'ailleurs la plus pauvre en nombre d'espèces par échantillons puisque seulement 15 espèces différentes ont été isolées à partir de 8 échantillons contre, par exemple, 31 espèces pour 12 échantillons dans l'île Haute, 43 pour 16 échantillons dans l'île Maye et 60 pour 24 échantillons dans l'île principale. Deux îles sont caractérisées par une présence animale importante. L'île Guillou est colonisée par le lapin et l'île Haute par le mouflon, malgré tout très peu d'espèces coprophiles ont été isolées dans ces îles. Par contre, plusieurs espèces rares en Antarctique y sont trouvées, entre autres plusieurs *Verrucobotrys* spp. et un *Zygorrhynchus* sp. Pour l'ensemble des zones étudiées, le nombre et le type d'espèces fongiques présentes sont surtout liées au type de végétation (nombre et diversité des espèces). Sur l'île Guillou, la forte prédominance d'*Acaena magellanica* (Lam.) Vahl semble entraîner une restriction du nombre d'espèces de micromycètes. Sur l'île Haute, la végétation est un peu plus diversifiée avec en particulier *Azorella selago* Hook. f., ce qui peut justifier un plus grand nombre d'espèces fongiques. L'île Maye compte, outre les 2 espèces citées, de nombreuses Graminées. Sur Grande Terre, la végétation est très diversifiée et ceci, combiné à une fréquentation humaine et animale plus importante peut expliquer en partie la richesse de la mycoflore.

Enfin, quatre des souches isolées semblent être des espèces nouvelles à décrire : une souche présentant deux formes végétatives, l'une correspondant au genre *Verrucobotrys*, l'autre au genre *Botrytis* et qui provient principalement de l'île Guillou, un *Chaetomium*, une *Mortierella* et un *Zygorrhynchus*. Après des études plus approfondies, ces souches feront l'objet d'articles descriptifs.

## REFERENCES

- CARMICHAEL J.W., 1962 — *Chrysosporium* and some other aleuriosporic hyphomycetes. *Canad. J. Bot.* 40 : 1137-1173.
- CHASTAIN A., 1958 — La flore et la végétation des îles de Kerguelen. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, B, Bot., Tome XI, Fascicule 1, pp. 1-136.
- DEL FRATE G. and CARETTA G., 1990 — Fungi isolated from Antarctic material. *Polar Biol.* 11 : 1-7.
- DOMSCH K.H., GAMS W. and ANDERSON T.H., 1980 — *Compendium of soil fungi*. 1993 reprint and supplement. IHW-Verlag, Berlin.
- DOWDING P. and WIDDEN P., 1974 — Some relationships between fungi and their environment in tundra regions. In : *Soil organisms and decomposition in tundra*, Holding A.J. et al. (ed), Tundra Biome Steering Committee (Stockholm), 123-150.
- FLETCHER L.D., KERRY E.J. and WESTE G.M., 1985 — Microfungi of Mac. Robertson and Enderby lands, Antarctica. *Polar Biol.* 4 : 81-88.
- FRENOT Y., GLOAGUEN J.C., PICOT G., BOUGERE J. and BENJAMIN D., 1993 — *Azorella selago* Hook used to estimate glacier fluctuations and climatic history in the Kerguelen Islands over the last two centuries. *Oecologia* 95 : 140-144.
- FRENOT Y., VAN VLIET-LANOË B. and GLOAGUEN J.C., 1995 — Particle translocation and initial soil development on a glacier foreland, Kerguelen Islands (Subantarctic). *Artic Alpine Res.* 27 : in press.
- GAMUNDI I.J. and SPINEDI H.A., 1987 — *Sclerotinia antarctica* sp. nov., the teleomorph of the first fungus described from Antarctica. *Mycotaxon* 29 : 81-89.
- GAMUNDI I.J. and SPINEDI H.A., 1988 — Ascomycotina from Antarctica : new species and interesting collections from Danco coast, Antarctic Peninsula. *Mycotaxon* 33 : 467-482.
- GIRET A., 1987 — Géologie des terres australes françaises. *Comité National Français pour les Recherches Antarctiques* 57 : 17-41.
- GOCHENAUR S.E., 1970 — Soil mycoflora of Peru. *Mycopath. Mycol. Appl.* 42 : 259-272.
- HORAK E., 1960 — Die Pilzvegetation im Gletschervorfeld (2290-2350 m) des Rotmoosferners in den Oetzaler Alpen. *Nova Hedwigia* 2 : 487-504.
- HURST J.L. and PUGH G.J.F., 1982 — Fungi on plants and plant litter in South Georgia. Colloque sur les Ecosystèmes Subantarctiques, C.N.F.R.A. 51 : 249-255.
- IVARSON K.C., 1973 — Fungal flora and rate of decomposition of leaf litter at low temperature. *Canad. J. Soil Sci.* 53 : 79-84.
- KOBAYASI Y., HIRATSUKA N., KORF R.P., TUBAKI K., AOSHIMA K., SONEDA M. and SUGIYAMA J., 1967 — Mycological studies of the Alaskan Arctic. *Rep. (Annual) Inst. Ferment. Res. Osaka* 3 : 1-138.
- KOBAYASI Y., TUBAKI K. and SONEDA M., 1968 — Enumeration of the higher fungi, moulds and yeasts of Spitzbergen. *Bull. Natl. Sci. Mus. Tokyo* 11 : 33-76.
- ONIONS A.H.S., ALLSOPP D. and EGGINS H.O.W., 1981 — *Smith's introduction to industrial mycology*. Edward Arnold, London.
- PARKINSON D. and WAID J.S. (eds), 1960 — *The ecology of soil fungi*, England, Liverpool University Press.
- PEGLER D.N., SPOONER B.M. and SMITH R.I.L., 1980 — Higher fungi of Antarctica, the sub-antarctic zone and Falkland Islands. *Kew Bull.* 35 : 499-562.
- PIONTELLI E. and CARETTA G., 1974 — Considerazioni ecologiche su alcuni geomiceti isolati, su substrati cheratinici, in localita montagnose delle Ande del Cile. *Riv. Patol. Veg.* 10 : 261-314.

- PUGH G.J.F. and ALLSOPP D., 1982 — Microfungi on Signy Island, South Orkney Islands. *Bull. Brit. Antarct. Surv.* 57 : 55-67.
- RALL G., 1965 — Soil fungi from the alpine zone of the Medicine Bow Mountains, Wyoming. *Mycologia* 57 : 872-881.
- SMITH V.R. and STEYN M.G., 1982 — Soil microbial counts in relation to site characteristics at a subantarctic island. *Microbial. Ecol.* ■ : 253-266.
- STEYN M.G. and SMITH V.R., 1981 — Microbial populations ■ Marion Island soils. *S. Africana. J. Antarct. Res.* 10 : 14-18.
- TREHEN P. et VERNON P., 1982 — Peuplement diptérologique d'une île subantarctique ; la Possession (46°S, 51°E ; Îles Crozet). *Rev. Écol. Biol. Sol* 19 : 105-120.
- TUBAKI K., 1961 — On some fungi isolated from the Antarctic materials. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* 14 : 3-9.
- TUBAKI K. and ASANO I., 1965 — Additional species of fungi isolated from the Antarctic materials. JARE 1956-1962 Sci. Rep., Ser E, n° 27. Pub. Polar. Sect. Nat. Sci. Mus. Tokyo, pp 1-16.